

LA MICRO BIOLOGIE

Ayoub E. | Mohamed K.

2017



Introduction à la microbiologie

Le monde vivant terrestre est représenté par les **macroorganismes**ou organismes supérieurs comme l'Homme, les animaux, les oiseaux, et par les **microorganismes** ou organismes microscopiques, c'est-à-dire les êtres vivants qui ne sont pas vus à l'œil nu comme les virus, bactéries, prions (protéines nue), champignons, protozoaires…Tous ces microorganismes, encore appelés : **Protistes**, peuvent être divisés en en deux familles : **Eucaryotes** et **Procaryotes**. Les **Eucaryotes** possèdent un noyau et beaucoup d'organelles (organites) très organisés comme les protozoaires, les champignons inferieurs(moisissures et levures) et les algues (sauf les algues bleues-vertes). Les **Procaryotes**se distinguent par l'absence d'un vrai noyau, comme les bactéries, les virus, ainsi que les algues bleues-vertes et les prions). A part de prions (protéine nue), ils contiennent tous un appareil génétique sous forme d'ADN (ou de l'ARN pour certains virus).

Un grand nombre de microorganismes ne font pas de danger pour l'homme. Certains d'entre eux sont très utiles. A l'aide de ces derniers nous obtenons du pain, du fromage, du vin ainsi que les antibiotiques, les protéines, les vitamines et même certaines hormones comme l'insuline.

Une partie de ces microorganismes se multiplient dans l'organisme humain (le tube digestif, les voies aériennes, la peau).Ils participent à son métabolisme et synthétisent les vitamines nécessaires telles que la B6, la B12, la K2, l'acide folique, la biotine.

Les microorganismes qui ne sont pas nuisibles à l'homme sont appelés non pathogènes ou les **Saprophytes**. Cependant beaucoup de microbes peuvent causer des maladies (infections). Ce sont les **Microorganismes Pathogènes** (dont la plus part sont des virus). Une partie de saprophytes peuvent aussi provoquer une maladie dans les

conditions de la résistance de l'organisme humain abaissée. Ce sont les microbes facultativement pathogènes.

Les virus, les prions, les rickettsies, les chlamydiaes se multiplient seulement à l'intérieur de la **Cellule-hôte**. Ce sont les **parasites obligatoires** intracellulaires. Les autres microorganismes peuvent se multiplier en dehors de la cellule. Ce ne sont donc pas des parasites. Certains autres peuvent se multiplier en dehors et à l'intérieur des cellules. Ce sont les **parasites facultatifs**.

Classification des microorganismes

Des multiples microorganismes sont strictement divisées en groupes définis (ou catégories) qui se distinguent par les caractères biologiques : la morphologie, la physiologie, la biochimie, la pathogénicité...

On classe les microorganismes suivant leur taille :

- Moisissures
- Levures
- Bactéries
- Virus

La nomenclature binomiale

Chaque espèce est désignée par deux mots : Genre et Espèce.

S'écrit en italique(ou souligné)

- Genre avec Majuscule.
- espèce avec minuscule.

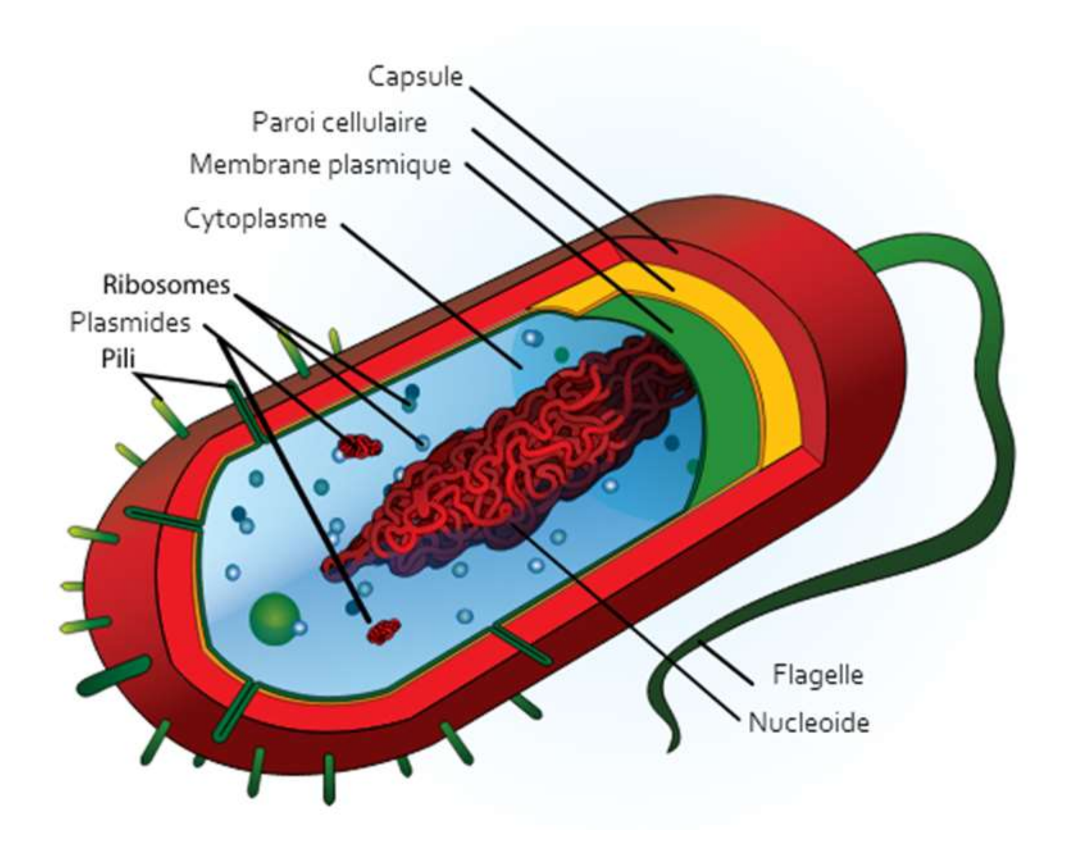
Exp : *Listeria monocytogenes.*

Les Bactéries

Les bactéries, sont des organismes vivants unicellulaires et procaryotes présents dans tous les milieux (air, eau et terre). Ce sont des êtres **ubiquitaires** (cosmopolites) et sont présentes dans tous les types de biotopes rencontrés sur Terre. Elles peuvent être isolées du sol, des eaux douces, marines ou saumâtres, de l'air, des profondeurs océaniques, de la croûte terrestre, sur la peau et dans l'intestin des animaux.

Il y a environ 40 millions de cellules bactériennes dans un gramme de sol et 1 million de cellules bactériennes dans un millilitre d'eau douce. Elles représentent une grande partie de la biomasse du monde. Cependant, un grand nombre de ces bactéries ne sont pas encore caractérisées car elles sont non cultivables en laboratoire.

1. La structure bactérienne :



Les principales structures caractéristiques des bactéries sont : **la paroi cellulaire** et **la membrane plasmique**, **lecytoplasme** avec les inclusions et le **nucléoïde**(chromosome ou matériel génétique)) correspondant au noyau d'eucaryote.

La **paroi cellulaire** est une structure rigide qui détermine la forme bactérienne, participe à la division cellulaire, au transport de diverses substances à l'intérieur de la cellule et au milieu extérieur.

La paroi confère à la bactérie sa morphologie véritable. Elle constitue le squelette externe de la bactérie et représente 25 à 35 % du poids total de la bactérie.

La paroi contient la pression osmotique interne. Sans paroi, les bactéries prennent une forme sphérique appelée protoplaste s'il s'agit d'une bactérie à Gram positif, ou sphéroplaste s'il s'agit d'une bactérie à Gram négatif). Les bactéries peuvent survivre sans paroi et même se multiplier (on les appelle alors formes L) à condition d'être placées dans un milieu dont la pression osmotique est équilibrée avec la pression osmotique qui règne à l'intérieur de la bactérie.

Elle joue un rôle déterminant dans la coloration de Gram. Chez les bactéries à Gram positif, la paroi bloque l'extraction du violet de gentiane et de l'iodure par l'alcool alors qu'elle ne bloque pas cette extraction chez les bactéries à Gram négatif. C'est la structure de la paroi des bactéries Gram positives qui détermine leur capacité de se colorer en bleu-violet par le violet de gentiane lors de la coloration de Gram. La paroi cellulaire des bactéries Gram négatives contient moins de peptidoglycanes (5-10%).

La paroi joue aussi un rôle déterminant dans la spécificité antigénique des bactéries.Elle est le support de l'action de certains enzymes exogènes (lysozyme) ou

endogènes (auto lysines) et de certains antibiotiques, notamment les bêta-lactamines (pénicillines) qui inhibent la synthèse du peptidoglycane.

Plus profondément (vers l'intérieur de la bactérie), les bactéries Gram négatives et positives ont une **membrane cytoplasmique** ou interne en trois couches. D'après sa composition, elle est proche de la membrane cellulaire humaine (la double couche de phospholipides, les protéines superficielles, intégrales et transmembranaires). Elle règle la pression osmotique, participe au transport des substances et au fonctionnement de la chaîne de transport des électrons à l'aide de ses enzymes respiratoires. Ainsi elle assure la synthèse d'ATP. A ce point la membrane cytoplasmique bactérienne est analogue de la membrane mitochondriale humaine et animale.

Le **cytoplasme bactérien**contient des protéines et des enzymes solubles dans l'eau. Le centre cytoplasmique est occupé par le nucléoïde (Chromosome) contenant une seule molécule d'ADN circulaire, à deux chaînes, sans enveloppe nucléaire et sans nucléole (contrairement aux eucaryotes). En outre il y a des petites molécules d'ADN circulaires nommées les plasmides. Tout ceci forme l'appareil génétique bactérien.

Certaines bactéries possèdent une **capsule** muqueuse attachée à la paroi cellulaire. Les capsules sont formées en règle générale quand les bactéries se multiplient dans un macroorganisme vivant chez l'homme et chez les animaux. Une capsule est constituée de polysaccharides (comme chez les pneumocoques) ou de polypeptides (de poly D - acide glutamique) comme chez les bacilles d'anthrax.

La surface cellulaire peut aussi être couverte de mucus amorphe d'hétéro-polysaccharides. La capsule et le mucus assurent la défense bactérienne contre le dessèchement, les détériorations, l'action de bactériophages et de facteurs de défense du macroorganisme.

Parfois, sur la surface bactérienne se forment de divers éléments protéiques filamenteux. Ce sont les **flagelles** déterminant la mobilité cellulaire. Leur nombre varie d'un pour le vibrion de choléra jusqu'à dizaines ou centaines pour le bacille du côlon (l'E. coli). Les flagelles sont constitués de la protéine : la **flagelline**.

Les **villosités** (les fimbrias et les pillis) sont des excroissances de la membrane externe de certaines espèces de bactéries, qui permettent à ces espèces de se mouvoir et d'adhérer à un substrat. Ils sont plus courtes que les flagelles et sont formées de la protéine appelée **pilline** (d'où leur nom). Elles peuvent participer à l'adhésion (ou à l'attachement) bactérienne aux cellules humaines, à l'échange d'eau et de sels, à l'alimentation ou au processus sexuel bactérien (ici ce sont les fimbrias sexués ou les F-piles).

Certaines bactéries en conditions défavorables telles que le manque d'aliment, le dessèchement se transforment en formes plus petites, en repos dont le métabolisme se ralentit de façon très importante. Ce sont les **spores bactériennes**. Les spores acquissent une enveloppe rigide contenant de calcium et d'acide dipicolinique ce qui augmente la thermo stabilité et la viabilité des spores lors de conservation dans le milieu extérieur en conditions défavorables. On peut citer les spores d'anthrax ou de tétanos qui se conservent dans le sol pendant les décennies. En conditions optimales les spores germent et donnent les bactéries végétatives entières à métabolisme actif. Les deux processus- la formation des spores et leur germination sont complexes et se passent en plusieurs étapes.

La forme des spores, leur position dans la cellule sont les marques des différentes espèces bactériennes. Ceci est utilisé pour leur différenciation.

2. Les formes bactériennes :

Les bactéries peuvent se présenter sous des formes variées : certaines sont sphériques (coques), d'autres en bâtonnets (bacille), d'autres en spirale. Il en existe même en virgule (ondulées). On distingue :

- Les formes rondes ou **coques** (coccus en latin, cocci au pluriel).Les cocci peuvent être en chaine : ce sont les **streptocoques,** ou en amas (grappe) : ce sont les **staphylocoques**.Le coccis pathogène le plus connue est : Staphylococcus aureus, responsable de nombreuses infections humaines et animales, et Neisseriagonorrhoeae est la bactérie responsable chez l'Homme de la gonorrhée.
- Les formes allongées en bâtonnet ou **bacilles**.On trouve dans cette forme les bacilles isolés (*Rhodospirillumsodomense*), les diplo-bacilles (*Bacillus subtilis*), les streptobacilles (*Lactobacillus delbrueckii*) et les bacilles incurvés en virgule (*Vibriocholerae*). Les bacilles pathogènes les plus populaires sont : Le bacille d'Eberth ou *Salmonella typhi*responsable de la fièvre typhoïde, le Bacille de Koch ou *Mycobacteriumtuberculosis* responsable de la tuberculose et le *Vibriocholerae*qui provoque le Choléra.
- Les formes intermédiaires ou **coccobacilles.**La plus répandue est Escherichia coli qui est une Entérobactérie (causant les maladies gastro-intestinales)
- Les formes plus ou moins spiralées ou **Spirullum**. Les plus connussont : Le Tréponème pale ou *Treponema pallidum*(le Syphilis) et le *Spirochaetazuelzerae* (la spirochétose spontanée du lapin).

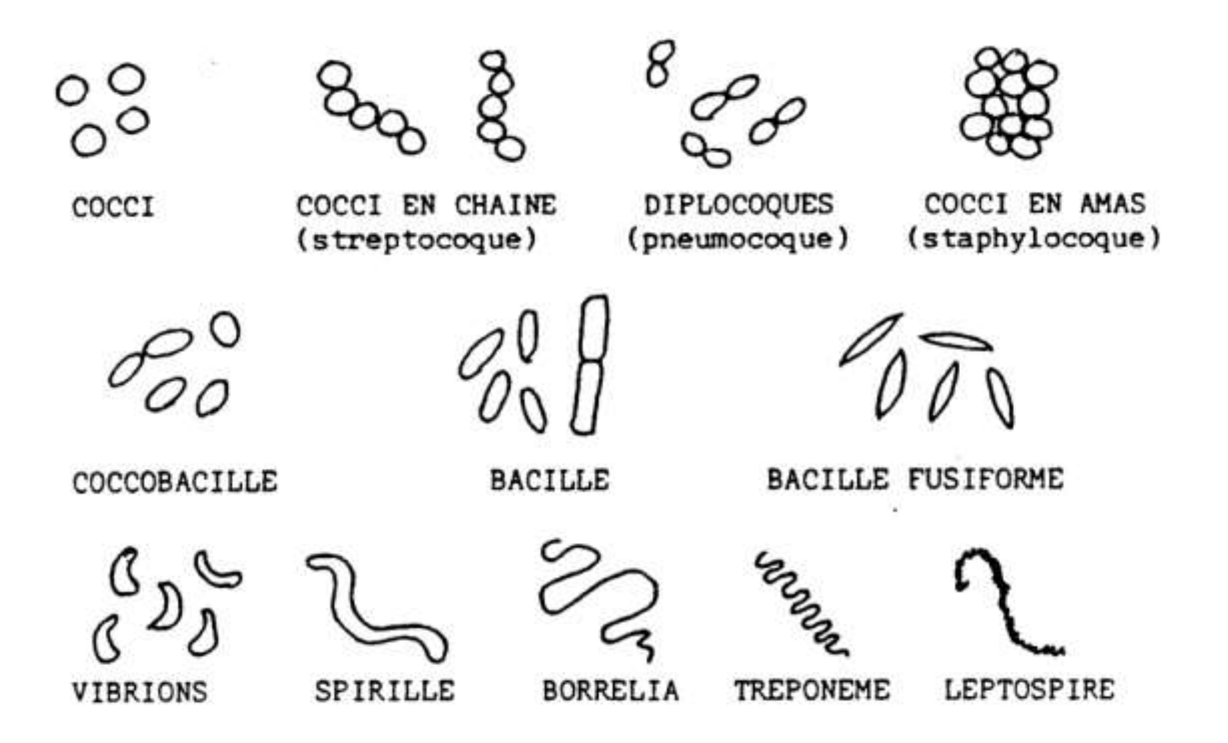


Schéma représentant les différentes formes des bactéries

3. Les différents types des bactéries :

Les bactéries ne sont pas toutes nocives. Certaines peuvent être bénéfiques pour l'Homme. On distingue :

Les bactéries banales (ou Saprophytes) :

Ces bactéries ne sont pas nocives. Elles se trouvent dans tous les milieux. La plus part des aliments ont toujours une certaine quantité de bactéries qui restent non nocifs (dans la mesure où ils ne se développent pas de façon importante).

L'eau, même potable n'est pas stérile, elle contient toujours des microbes.

La peau, les muqueuses, la cavité buccale et particulièrement l'intestin sont riches en ces bactéries Saprophytes.

Les bactéries utiles :

Le lait additionné de ferments lactiques (streptocoques lactiques et bacilles lactiques) est porté à une température +/- 45° C favorable au développement des bactéries lactiques. Celles-ci hydrolysent le sucre du lait : le lactose, libérant dans le milieu de l'acide lactique. Le lait est ainsi acidifié et ces protéines précipitent à ph= 4.6 (formant ce que l'on appelle le caillé).

Les saucissons secs : lors du séchage des saucissons, l'air sec et la température favorisent la multiplication des bactéries lactiques. La fermentation des bactéries lactiques conduit à la libération de composés aromatiques mais aussi d'acide lactique

responsable de la coagulation des protéines de la viande et donc du durcissement du saucisson.

Les **bactéries lactiques** du yaourt ou du saucisson, en libérant les acides inhibent le développement des bactéries dangereuses.

Le vinaigre : des bactéries (acétobacters) ajoutées au vin fermentent l'alcool en acide acétique pour donner ce qui deviendra du vinaigre.

Les différents types de bactéries rentrent en compétition les uns par rapport aux autres. Ainsi, le développement de bactéries utiles inhibe le développement de bactéries pathogènes.

Dans notre intestin - principalement le gros intestin - réside une flore importante dite **protectrice**… (Elle participe notamment à l'élimination des composés azotés tels que l'urée, des sels biliaires, elles fabriquent des Acides Gras volatiles bénéfiques pour les cellules intestinales). La prise répétée et non contrôlée d'antibiotiques peut entrainer une perturbation de cette flore qui va alors laisser la place à une flore entéro-pathogènes.

Les pro-biotiquessont des micro-organismes vivants (ex : Lactobacillus acidophilus, ou BifidoBactériumBifidum) qui améliorent l'équilibre microbien de l'intestin. Si peu de monde connaît ce terme, en revanche tout le monde a entendu parler du « B.A » ou du « Bio » de Danone.

Les bactéries putréfiantes :

Ce sont les bactéries qui putréfient les aliments et les rend immangeables. On distingue :

Les bactéries protéolytiques qui attaquent les protéines des aliments sont dites protéolytiques. Sont concernés les aliments riches en protéine telle que la viande, les œufs, les poissons et les produits laitiers. La dégradation des protéines, induit la libération de dérivés soufrés, ammoniaqués, qui donnent une odeur caractéristique « d'œuf pourri ».

Les bactéries lipolytiques qui dégradent les matières grasses des huiles, beurres, mais aussi des poissons et viandes. La dégradation des triglycérides s'accompagne de la libération des peroxydes et des acides gras qui confèrent à l'aliment une odeur rance.

Les bactéries celullolytiques et glucidolytiques qui vont attaquer les sucres des fruits et légumes. La cellulose et les amidons sont hydrolysés, provoquant le ramollissement puis le pourrissement des aliments.

Il faut donc éliminer tout aliment rance, d'odeur ou d'aspect suspect.

Les bactéries pathogènes:

Les bactéries pathogènes (pathos = maladie) sont à l'origine de **T.I.A** ET **M.I.A**.

T.I.A (Toxi-infection Alimentaire ou intoxication) : Les microbes produisent, dans certaines conditions un poison appelé **toxine** responsable de divers troubles : diarrhées, vomissement, fièvres, douleurs abdominales….mort ! En effet, ces toxines sont parfois mortelles.

La neuro-toxine botulique, par exemple, qui est 20000 fois plus active que l'arsenic…

Les principales bactéries productrices de toxines sont :

- Les Salmonelles et les Salmonelloses : responsable de 1/3 des T.I.A
- Les Staphylocoques dorées ou la maladie des banquets : responsable de1/3 des T.I.A
- Le Staphylococcus Aureus ou entero-toxine staphylococcique
- Les Clostridium Perfringens : germes anaérobie, sulfatoreducteur sporulant, ASR 46° C : spore thermo résistantes !
- Les Clostridumbotulinum : Bacille, anaérobie stricte, sporulant dans des conditions défavorables. Spores thermoresistantes mais toxines thermosensibles.

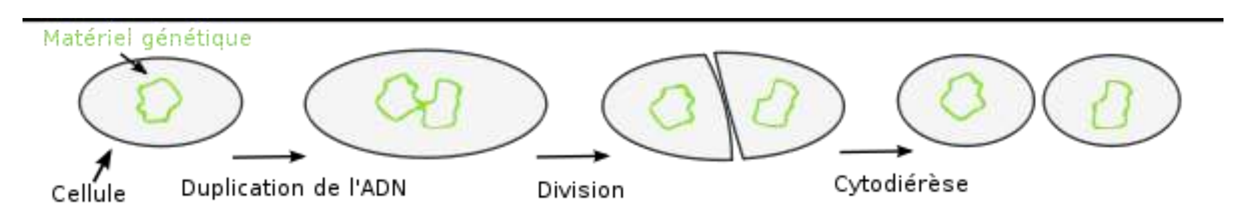
M.I.A (Maladies Infectieuses d'origine Alimentaire) : moins fréquentes que les TIA, elles sont dues au développement des bactéries dans l'organisme, après ingestion d'un aliment contaminé : Gastro-entérites, listérioses, fièvres typhoïdes, brucellose sont quelques exemples de M.I.A.

- Gastro enthérites (infantiles) à *Escherichia Coli* entéro-pathogéne, à *Shigella*, à *Yersinia…*
- Listérioses : *Listeria Monocytogenes.*
- Les fièvres thyphoïdes, dues à deux germes : *Salmonella typhi* et *S. paratyphi*
- La dissentrie bacillaire…

4. Les critères de développement des bactéries

Il est important de bien connaître les critères de développement des bactéries pour lutter contre leur propagation et les éliminer.

Les bactéries se développent par **Scissiparité**(du latin *scindo*= scinder, diviser) est la séparation d'un individu pour donner deux clones. Elles ont une vitesse de développement abominable.



Etapes de la division binaire

La durée de multiplication des bactéries est variable suivant le type de bactéries, mais on peut dire que si les conditions sont favorables elle est de l'ordre de 20 à 30 minutes.

Une bactérie donne ainsi naissance à 1 milliard de bactéries en 10 H.

Ce qui signifie que si vous abandonnez un plat cuisiné avec 25 000 germes / g (conforme à la norme) à température ambiante, il contiendra au bout de 2 heures 640 000 germes. D'où l'importance du respect de la chaine du froid (< 4°C) ou du chaud (> + 65°C).

Bien sûr le développement bactérien n'est pas infini sinon les bactéries recouvreraient rapidement toute la planète. Au bout de 30 H, le milieu nutritif commence à manquer, les bactéries sont limitées dans leur déplacement et sont intoxiquées par leurs propres déchets.

5. Mode d'action des bactéries pathogènes :

Le pouvoir pathogène ou pathogénicité d'une bactérie mesure sa capacité à provoquer des troubles chez son hôte. Il varie selon la souche bactérienne et dépend de son **pouvoir invasif**, de son **pouvoir toxicogène** (capacité à produire des toxines) et de sa capacité à se reproduire.

Le pouvoir invasif d'une bactérie (ou d'une souche bactérienne) est sa capacité à se multiplier et à se répandre dans un organisme hôte et à y établir un (ou des) foyers infectieux, malgré les défenses immunitaires. La constitution et le métabolisme de la bactérie définissent son pouvoir invasif.

Le pouvoir toxicogèneest la capacité d'une bactérie à produire des toxines. Par définition, une **toxine** est une molécule synthétisée par un organisme vivant, ayant un effet nocif ou létal pour l'organisme hôte.

La pathogénicité d'une bactérie dépend aussi d'autres facteurs comme :

- La présence des **facteurs d'adhésion :**comme despili ou desfimbriae (les pili de petite taille), d'adhésines (composants de surface cellulaires ou annexes des bactéries qui facilitent leur adhérence à d'autres cellules) et/ou de glycocalyx facilite la fixation de la bactérie sur sa cellule-cible.
- La résistance à la **phagocytose :** grâce à la présence d'une capsule, mais aussi la résistance aux enzymes lysozomiales (sensées détruire la bactérie phagocytée).
- La production de certains enzymes.

On distingue deux catégories de bactéries pathogènes :

- **Les strictes** (ou spécifiques) : qui provoquent des troubles quel que soit le patient, sauf dans le cas des porteurs sains. Par exemple : *Salmonella Typhi* et *Vibriocholerae.*
- **Les Opportunistes** : qui provoquent des troubles lorsque les défenses immunitaires de l'hôte sont affaiblies (on parle de sujets immunodéprimés). Par exemple : *Pseudomonas aeruginosa.*

*Dans les hôpitaux, les infections causées par des bactéries opportunistes sont appelées **infections nosocomiales**.*

Beaucoup de bactéries pathogènes sécrètent des **exotoxines protéiques** qui sont classées selon leur mode d'action (enzymes) et sont souvent à l'origine de symptomatologies particulières. On distingue :

- Des toxines agissant sur la membrane cellulaire ou formant des pores, comme la toxine- α du staphylocoque, SLO , hémolysines RTX de E. coli..
- Des toxines agissant sur des récepteurs de la membrane cellulaire, comme la toxine ST de E. coli et les toxines activant les lymphocytes T (les superantigènes).
- Des toxines à mode d'action intracellulaire : Ce sont des enzymes qui assurent l'attachement, la translocation et la reconnaissance de la cible intracellulaire, comme La toxine produite par *Corynebacteriumdiphteriae* (la toxine de la diphtérie) et La toxine cholérique (La choléra). Les vibrions cholériques adhérent aux entérocytes (cellules de l'estomac) et sécrètent localement la toxine.
- Mode d'action des toxines :

Les toxines peuvent agir selon plusieurs modes. Selon la bactérie en cause et le mode de contamination, la production et l'action de la toxine se feront différemment :

- **Lors d'une plaie**, la bactérie se multiplie et libère sa toxine protéique, qui va agir au niveau de la moelle épinière, en diminuant la quantité des neuromédiateurs libérés, et au niveau des synapses neuromusculaires en augmentant la libération d'acétylcholine. Elle provoque une paralysie de contracture.
  Exemple: Toxine tétanique
- **Lors d'une ingestion**, la toxine passe dans le sang et diminue la quantité d'acétylcholine au niveau des jonctions neuro-musculaires. Elle provoque une paralysie flasque.
  Exemple : Toxine botulinique
- **A la suite d'une ingestion**, la bactérie adhère à l'épithélium intestinal et produit la toxine qui se fixe sur les entérocytes. Elle empêche l'absorption des ions Na+ et Cl-, et provoque donc une fuite hydrominérale.
  Exemple : Toxine cholérique

Les toxines protéiques ont un pouvoir toxique très élevé. Elles provoquent l'apparition d'anticorps dans l'organisme(les antitoxines).

- Les antibiotiques :

Face à une infection bactérienne, l'organisme ne peut pas toujours se défendre seul. Les antibiotiques sont donc parfois nécessaires pour éliminer les bactéries ou empêcher leur prolifération. Ce sont des molécules qui aident le système immunitaire à lutter contre les bactéries pathogènes.
On distingue deux types d’antibiotique :

- Les bactériostatiques : qui inhibent la croissance des bactéries
- Les bactéricides : qui détruisent les bactéries.

Un même antibiotique peut être bactériostatique à faible dose et bactéricide à dose plus élevée.
Les antibiotiques agissent de manière spécifique sur les bactéries, en bloquant une étape essentielle de leur développement comme la **synthèse** de leur **paroi**, de l'**ADN**, des **protéines**, ou la production d'énergie, etc. Ce blocage se produit lorsque l'antibiotique se fixe sur sa cible, une molécule de la bactérie qui participe à l'un de ces processus métaboliques essentiels.

L’interaction entre l'antibiotique et sa cible est très sélective, spécifique des bactéries et ces composés ne sont en général pas actifs ni sur les champignons ni sur les virus.

Il existe d'autres molécules actives sur ces autres types d'agents infectieux que l'on appelle des antifongiques (champignons) ou des antiviraux (virus) et qui sont distincts des antibiotiques.

- l'Antibiogramme :

Un antibiogramme est une technique de laboratoire visant à tester la sensibilité d'une souche bactérienne vis-à-vis d'un ou plusieurs antibiotiques supposés ou connus.

Le principe consiste à placer la culture de bactéries en présence du ou des antibiotiques et à observer les conséquences sur le développement et la survie de celle-ci. On peut par exemple placer plusieurs pastilles imbibées d'antibiotiques sur une souche bactérienne déposée dans une boîte de Petri. Il existe trois types d'interprétation selon le diamètre du cercle qui entoure le disque d'antibiotique : souche ou bactérie sensible, intermédiaire ou résistante.

Les Champignons (Flore fongique)

Cette flore est composée de deux grandes catégories : **les levures** et **les moisissures**. Certains champignons sont très célèbres, comme les moisissures qui sont à l'origine de la découverte de la pénicilline, le premier antibiotique réellement efficace et produit naturellement par les moisissures du genre Penicillium.

D'autres, appelées levures (pour le genre Saccharomyces) sont essentielles à la production de certains aliments, notamment les ferments (bien que certains ne soient pas des champignons mais des bactéries) pour la fabrication des fromages, ou encore pour la vinification, ou la panification). Elles sont alors sans danger pour la santé et permettent même parfois d'éviter des contaminations par d'autres organismes pathogènes, qui pourraient se développer rapidement dans ces aliments et nuire à leur conservation ; elles peuvent servir également à protéger ou assister la flore intestinale impliquée dans la digestion.

Les levures :

Les levures sont des champignons microscopiques unicellulaires capables de se multiplier par bourgeonnement ou scissiparité.

Leur classification est très complexe et basée sur des caractères morphologiques et biochimiques. +

Elles ont un rôle capital dans l'industrie agro-alimentaire (brasserie, boulangerie, cidrerie, vinification, fromagerie) et constituent une source de protéines.

Elles sont aussi rencontrées en tant que contaminants ou en tant que pathogènes opportunistes.

1. Caractères morphologiques et physiologiques :

Une levure est une **cellule eucaryote diploïde avec paroi**. De forme Sphérique, ovoïde, cylindrique, triangulaire,… Sa taille est de 2-3 micron à 20-50 micron de long et de 1-10 micron de large.

2. Les différents types de levures :

Comme les bactéries, les levures peuvent être utiles ou, au contraire, nocives. On distingue :

Les Levures utiles : Comme les *Saccharomyces cerevisae* ou levure de bière. Elles fermentent les sucres en alcool et gaz carbonique. Ex : Bière, fabrication du pain (levée de la pâte et création de la mie)

Les levures d'altération (des aliments) : Les aliments sont particulièrement sensibles à la dégradation par les levures du genre *Cryptococcaceae*. Ils peuvent entrainer l'apparition de troubles, d'odeurs ou de gouts anormaux dans les fruits ou légumes.

Les levures pathogènes : qui provoquent des maladies. Comme : *Candida albicans* qui provoque les candidoses.

3. Les conditions de développement des levures :

Ils sont semblables à celles des bactéries.Elles ont besoin d'éléments nutritifs, un ph optimal de 4-5, des températures optimales : 25 –35° C. Des températures fortement négatives inhibent le développement des levures < - 18° C (par rapport aux bactéries < - 12° C).

On appelle **Levuricide**tout produit capable de stopper le développement des levures (commeL'anhydride sulfureux utilisé dans les bières et vin et l'acide sorbique dans les boissons).

Les antifongiques sont les traitements pour les maladies causées par les champignons.

Les moisissures :

Les moisissures forment avec les levures la flore fongique désignée par la classe des « Champignons ». Ce sont donc des champignons microscopiques. Il en existe un grand nombre avec, pour certaines, de nombreuses variétés.

Le terme « moisissure » est utilisé surtout pour désigner certains microorganismes au développement filamenteux. Le plus souvent il s'agit de champignons de la classe des **mycètes**, plus proches des végétaux que des champignons. Il existe des milliers d'espèces de moisissures. Ce sont en général des organismes pluricellulaires.

La plupart des moisissures sont **hétérotrophes**, c'est-à-dire que ces organismes fondent leur développement sur l'assimilation de composés organiques produits par d'autres espèces.

Cependant ce n'est pas toujours le cas, certaines espèces possèdent un métabolisme mixte qui leur permet également de se développer soit en symbiose avec une autre espèce, soit en synthétisant de façon autotrophe les produits organiques à partir de nutriments minéraux et d'une source d'énergie

Elles peuvent être responsables de manifestations allergiques. Quand une colonie se développe, elle prend habituellement l'aspect d'une tâche plus ou moins large, de couleur blanche, grise, brune, verte ou noire, formée de filaments chargés de spores (l'équivalent du pollen des plantes).

Mais certaines moisissures restent invisibles car elles se développent à l'intérieur d'un matériau : c'est le cas du mérule qui colonise l'intérieur des poutres et des planchers des maisons.

1. Les différents types de moisissures :

- Les moisissures utiles :

La « **toxicité** » de certaines moisissures dépend de l'espèce, mais aussi du milieu dans lequel elles se développent, et de la façon dont ce milieu, transformé ou non, peut les éliminer ou réduire les toxines produites.

Ainsi les espèces de ***Penicillium*** *servant à la panification ou à la fabrication de fromages bleus peuvent devenir toxiques si les aliments préparés à partir de ces souches ne sont pas fabriqués dans des conditions strictes de dosage ou de qualité des composants entrant dans leur fabrication.*

- Les moisissuresd'altération :

Les moisissures peuvent être sources de pollution et de contamination de l'air intérieur (pollution intérieure) et d'aliments.

Deux facteurs sont en cause :

- les composés organiques volatils (COV) qu'elles produisent lors de leur développement et qui sont notamment responsables de l'odeur de moisi
- les spores, parfois allergènes et alors responsables d'irritations des muqueuses, d'urticaire, d'asthme voire d'un choc anaphylactique avec Œdème de Quincke. Une infection pulmonaire (aspergillose invasive) peut affecter les personnes aux défenses immunitaires diminuées (et/ou auxquelles on a prescrit un puissant antibiotique). Certaines activités exposent les professionnels (agriculture, fromagerie) à des pneumopathies d'hypersensibilité, lorsqu'une quantité massive de spores est inhalée (manipulation de foin mal séché et moisi par exemple).

2. Caractéristiques communes :

Les moisissures sont avant tout connues pour leur effet d'altération des aliments, par exemple du pain et des fruits. Dans la chaîne alimentaire, les moisissures sont des décomposeurs naturels. La prolifération des moisissures dépend des conditions suivantes :

-La présence de spores de moisissures (qui sont toujours présentes à l'intérieur d'un bâtiment et à l'extérieur) ;

- Une température appropriée, variant entre 2 et 40 °C (voire plus) ;

-Une source d'alimentation, c'est-à-dire tout ce qui est organique : fruits et légumes, autres aliments, livres, tapis, vêtements, bois, plâtre enduit de colle organique, etc…

- Une source d'humidité.

3. Principaux genres :

Parmi les moisissures les plus répandues, on trouve :

- L'Alternaria : est très répandu (surtout l'été) ; il donne des colonies allant du gris au noir, plutôt duveteuses. Il parasite les végétaux en décomposition et les débris organiques (paille, feuilles en décomposition).
- L'Aspergillus se trouve partout. Selon l'espèce (il y en a près de 300), les colonies vont du blanc au gris en passant par des nuances de jaune, de vert et de bleu. Il se trouve dans le sol, le compost, les débris organiques (céréales, pain, fruits, légumes, confitures…), les épices, notamment le poivre, les entrepôts de grains, le tabac, etc.
- Le Cladosporium est la plus abondante des moisissures, notamment l'été. Ses colonies, plus ou moins brunâtres, vont du vert olive foncé au noir et poussent volontiers dans le sol, sur les aliments, les cadres de fenêtres, les textiles, les surfaces peintes, voire sur les plantes mourantes.
  On appelle antimycosiques les traitements pour les maladies causées par certains moisissure

Les Virus

Les virus forment le règne Vira. Ce sont de petits microorganismes n'ayant pas de structure cellulaire. Ils se multiplient uniquement à l'intérieur de la cellule-hôte humaine, animale, végétale ou bactérienne, c'est-à-dire ils sont les stricts parasites (parasites obligatoires).

La taille de la particule virale ou le virion est définie à l'aide de la microscopie électronique et des autres moyens. Elle varie de 20 nm (le poliovirus ou le virus polyomyélitique) jusqu'à 350 nm (le virus de la variole ou les poxvirus).

La forme virale peut être variable : le **bâtonnet** pour le virus de la mosaïque du tabac, la **balle** pour le virus de rage, la **sphère** pour le virus de grippe et les arbovirus, le **spermatozoïde** pour les phages.

Tout le génome viral est représenté en règle générale par une seule molécule d'ADN ou d'ARN. Les acides nucléiques viraux peuvent avoir une forme de deux chaînes, d'une chaîne circulaire ou même fragmentée.

Les virions des virus à ARN contiennent des ARN génétiquement et biochimiquement différents :

- ou bien c'est la plus chaîne d'ARN (positive) qui joue deux rôles-celui du génome (il contient les gènes) et celui de l'ARN d'information (ou l'ARN qui code les protéines virales). C'est le cas du virus poliomyélitique.
- ou bien c'est la moins chaîne d'ARN qui n'a que le rôle génomique. Pour ces virus-là, la plus ARN messager se crée sur la matrice du moins ARN. C'est le cas du virus de grippe.

L'ADN ou l'ARN isolé, purifié de certains virus peut être lui-même infectieux, c'est à dire provoquant le processus infectieux. Pour la plupartdes virus, au contraire, ce n'est que la particule virale toute entière (le virion) contenant tous les composants nécessaires et qui est capable de provoquer l'infection.

D'autres composants viraux sont les protéines, les enzymes, les lipides, les glucides. Selon le niveau de complexité biochimique et morphologique de virion on distingue les **virus simples** et les **virus complexes**.

Les **virus simples** représentent une nucléocapside : le complexe de l'acide nucléique avec la capside (le virus de poliomyélite, l'adénovirus). La capside consiste en des capsomères-molécules protéiques distinctes. Les lipides et les glucides sont absents.

Les **virus complexes** tels que les virus de la variole, les arbo- ou les togavirus possèdent, outre la capside, une enveloppe supplémentaire appelée la supercapside. Formé avec la participation de la membrane de la cellule-hôte, elle contient beaucoup de lipoprotéines et de glycoprotéines (Fig. 1).

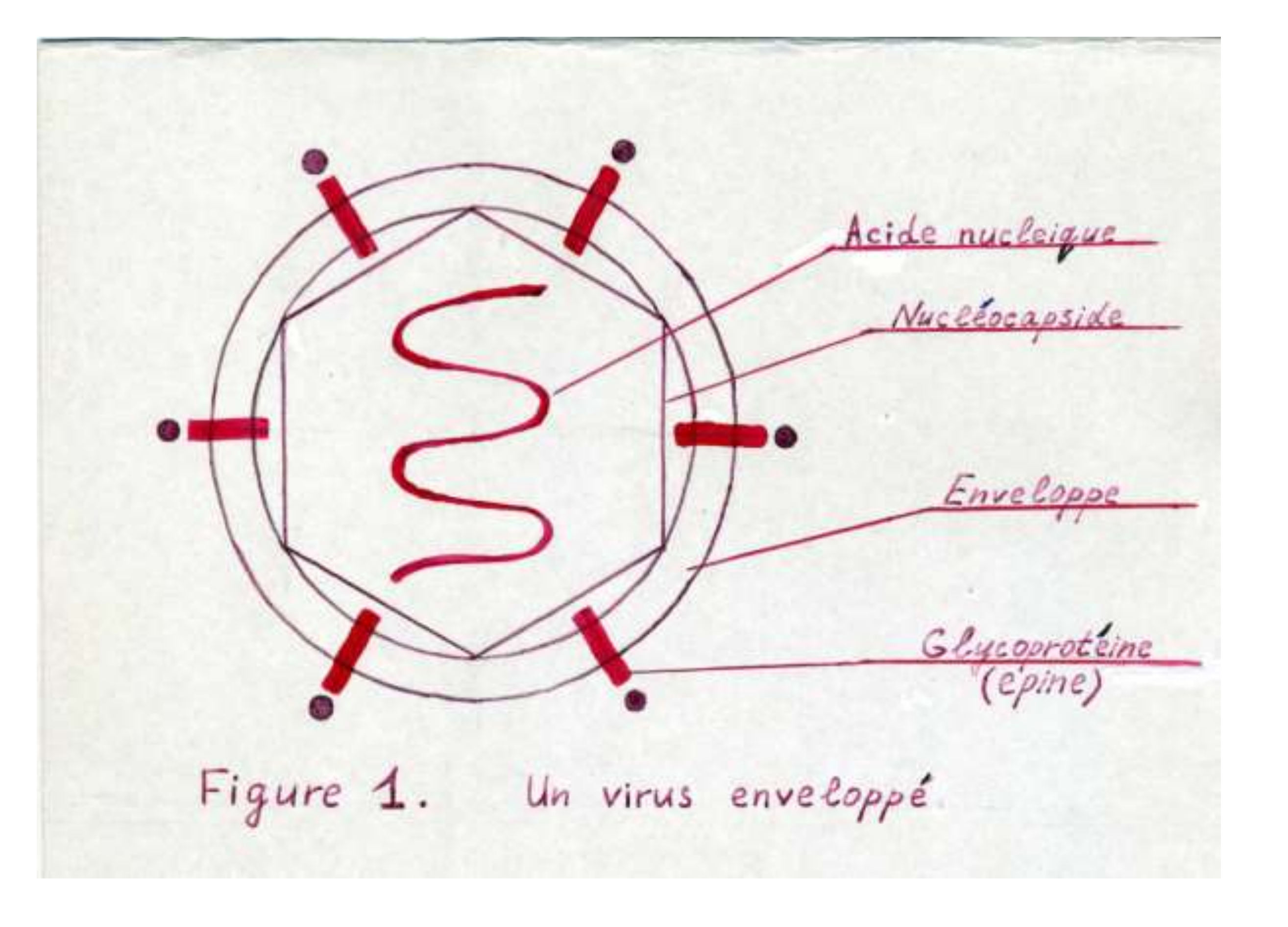


Figure 1. Un virus enveloppé

La capside et la super capside déterminent plusieurs propriétés de virus telles que les propriétés antigéniques et immunogènes, la défense desvirions contre les facteurs de milieu, l'interaction avec la cellule et d'autres qualités.

La classification des virus est basée premièrement sur le type d'acide nucléique. On distingue ainsi les virus à l'ADN et les virus à l'ARN. La classification plus détaillée est liée aux particularités structurales de virion, à la présence de super capside, à la multiplication à l'intérieur du noyau ou dans le cytoplasme, à la structure antigénique etc…

Contrairement aux bactéries, l'espèce virale est désignée par un seul mot et non pas par deux.

1. Les particularités de la biologie des virus :

Les virus se multiplient à l'intérieur des cellules humaines, animales, végétales, bactériennes. Certains d'eux provoquent les maladies infectieuses chez l'homme. Certains virus induisent les tumeurs. Leur acide nucléique s'intègre dans l'ADN humain ou animal sous forme de **provirus** et se multiplie ensemble avec le chromosome cellulaire.

On connaît aussi les prions qui sont les virus spécifiques sous forme de fibrilles ne contenant que la protéine infectieuse et pas d'acide nucléique. Ils causent les

infections «lentes » avec la période d'incubation et la période de clinique de longue durée. C'est le cas de « vache folle »(« la rage des vaches »).

Enfin, les **virioïdes** qui sont des petites molécules circulaires d'ARN, sans protéines. Ils sont les facteurs d'un certain nombre de maladies végétales.

2. Interaction du virus avec la cellule :

En effet, le type principal d'une telle interaction est la multiplication ou la reproduction virale dans la cellule, avec la formation de nouvelles particules virales.

Contrairement aux bactéries, les virus ne se multiplient pas par division. La méthode de multiplication virale est appelée disjonctive, ce qui signifie que les acides nucléiques et les protéines viraux se synthétisent dans les différentes parties cellulaires. Puis il se produit l'assemblage des virions. On énumère les étapes suivantes de la reproduction virale:

1) L'adsorption : C'est l'adhésion virale aux récepteurs spécifiques de la membrane cellulaire. En fait, il y a une interaction de type complémentaire des protéines adhésives de surface virale et de leurs récepteurs de cellule. C'est pourquoi chaque virus n'atteint que les cellules et les organes précis. Alors on peut dire que le virus possède le tropisme à l'égard des organes et des tissus humains. Une cellule peut adsorber des dizaines ou des centaines des virions.

2) La pénétration virale : C'est la pénétration des virus à l'intérieur de la cellule.

Elle se fait soit à l'aide d'une vacuole formée lors de l'invagination de lamembrane cellulaire (c'est le viropéxie), soit par union de l'enveloppe cellulaire et de l'enveloppe virale(c'est la fusion).

3)La décapsidation : C'est le déshabillement viral dans la cellule. Elle représente l'élimination partielle ou complète des protéines virales avec libération de l'acide nucléique viral ou de la nucléocapside.

4) La réplication : C'est la multiplication avec la biosynthèse de protéines et d'acides nucléiques viraux. Elle se passe dans le noyau ou dans le cytoplasme. Pour ceci, on utilise généralement les enzymes et les structures (les ribosomes) cellulaires. Quant à la cellule-hôte, son métabolisme est opprimé. Pour les divers virus, il existe différents ordres de biosynthèses :

- pour les virus à l'ADN :

ADN de virion - ARN messager - protéine virale

- pour les virus à l'ARN avec le moins ARN génomique :

ARN de virion - ARN messager- protéine

- pour les virus au plus ARN :

ARN de virion - protéine

- pour les virus à ARN tumoraux (les rétrovirus) :

ARN de virion - ADN complémentaire - ARN messager protéine

Toutes les réactions de biosynthèse sont catalysées soit par les enzymes cellulaires soit par les propres polymérases des virus complexes. Les protéines virales sont de deux types :

- les protéines et les enzymes non-structurales, nécessaires pour la reproduction même. Elles n'entrent pas dans le virion.

- les protéines de structure de virion.

5) L'assemblage : C'est le rassemblement des virions. Il se fait par la jonction des acides nucléiques et des protéines à l'aide de liaisons non- covalentes. Ceci se passe sur la membrane nucléaire ou sur la membrane cytoplasmique. Les virus complexes incluent en outre les lipides et les glucides des cellules-hôtes.

6) La libération : C'est la sortie des virus de la cellule. Elle se produit de deux façons. Dans le premier cas (type rapide) la sortie se fait de façon « explosive » : tous les virions sortent et la cellule se détruit. Dans le deuxième cas désigné comme « bourgeonnement » (type lent) les virions complexesquittent la cellule l'un après l'autre. Au cours de la sortie de ces virions la supercapside se crée avec la participation des membranes cellulaires.

La durée du cycle complet de reproduction virale varie de 5-6 heures pour le virus de grippe, les virus de variole à plusieurs jours pour les virus de rougeole ou les adénovirus. C'est le type principal de l'interaction du virus avec la cellule-hôte ou le type productif, qui se termine par la formation de la génération nouvelle du virus et à la lésion complète ou partielle des cellules-hôtes (le cycle lytique).

Le deuxième type c'est le type abortif, c'est-à-dire un virus pénètre dans une cellule et se multiplie très peu sans sortie de la cellule-hôte (le cycle abortif). Et enfin il existe le troisième d'interaction du virus avec la cellule (type intégratif), c'est la **virogénie** ou la transformation (pour les rétrovirus, le virus d'hépatite B, les adénovirus). En effet l'acide nucléique viral s'intègre dans le chromosome cellulaire et

se multiplie ensemble avec le chromosome sous forme de provirus. Ce dernier modifie les propriétés de la cellule-hôte et de l'organisme humain. C'est ainsi qu'apparaissent les maladies tumorales et auto-immunes.

3. Les maladies virales :

Ce sont toutes les maladies dues à des virus. Le nombre de maladies dont on découvre que des virus sont responsables ne cesse de croître.

On commence par attraper le virus. C'est la **contagion**, qui est en général d'un individu à un individu par contact direct (gouttelettes de salive, relation sexuelle, toucher...). C'est le cas de très nombreuses maladies virales (grippe, sida, etc.). Elles peuvent constituer des épidémies (contagion d'un individu à un autre quel que soit le lieu ou la période), ou des endémies (contagion d'un individu à un autre dans certaines conditions de lieu ou de période). Mais c'est parfois un autre être vivant qui est l'intermédiaire, par exemple le virus de l'hépatite A transmis par la consommation de certains mollusques.

Chaque virus va alors parasiter une cellule particulière. Le virus ourlien responsable des oreillons va se mettre dans les cellules de la parotide, du pancréas et des testicules, alors que le virus de la grippe ne s'attaquera qu'aux cellules de l'arbre respiratoire.

Il va ensuite s'écouler un certain temps pour que le virus se multiplie au sein des cellules qu'il a parasitées. C'est l'**incubation**. Ce temps est variable et dépend de la virulence du virus et de la résistance de l'organisme. Il peut varier de quelques heures à plusieurs mois selon les virus.

Manifestations de la maladie :

Ensuite les signes de la maladie vont se manifester au cours de ce qu'on appelle la phase d'état. Il peut arriver que de petits signes discrets se manifestent un temps variable auparavant, très rapproché de la contagion : cela s'appelle la primo-infection. Cela entraîne une petite poussée de fièvre courte, quelques courbatures, un petit mal de tête, bref de petits signes qui font dire qu'on a attrapé une petite grippe. Cette primo-infection n'existe pas pour tous les virus.

Il y a des signes généraux, communs à presque tous les virus. Ce sont ces signes qui amènent le médecin à soupçonner une maladie virale, même s'il ne peut déterminer de quel virus il s'agit. Ces signes sont la fièvre qui en général est élevée, des frissons, des

sueurs chaudes, des tremblements, une fatigue importante, des maux de tête et des courbatures.

Et puis il y a les signes particuliers spécifiques du virus : l'herpès virus va donner les boutons caractéristiques de varicelle, certains rota virus vont donner une gastro-entérite surtout chez les enfants. Ces signes constituent en quelque sorte la signature de la maladie.

Evolution

Puis l'organisme va prendre le dessus grâce à son système de défense.Dans la plupart des cas, il parvient à s'en débarrasser et la maladie guérit avec plus ou moins de séquelles : aucune dans la grippe, mais avec des paralysies irréversibles dans la poliomyélite.

Parfois, le virus reste implanté dans l'organisme et vit à l'état de dormance dans un lieu qui lui est favorable. Ainsi l'herpès virus responsable du bouton de fièvre va rester dans un ganglion nerveux qui gouverne une branche du nerf facial. C'est pour cela qu'on le retrouve de façon chronique au niveau de la lèvre.

Parfois enfin, le virus est le plus fort. C'est pour l'instant le cas du virus du sida. Toutefois les traitements antiviraux l'empêchent de se développer, ce qui fait que dans les pays capables d'en supporter la charge financière, le sida est devenu une maladie chronique.